

フォトマスクの作成方法 及びアライメント方法

発明の背景

本発明は、半導体素子等を製造する際の露光工程におけるフォトマスクの作成方法及びアライメント方法に係り、特に、高精度な位置合わせ（アライメント精度）の実現を図るための対策に関するものである。

近年の半導体素子の高密度集積化は、フォトリソグラフィ技術の進化発展に負うところが大きいことはいうまでもないが、最近のデザインルールの急速な微細化に伴い、要求されるアライメント精度を達成することが困難になりつつある。例えば、最近ではKrFエキシマレーザ（波長248nm）が実現され、0.25μmのデザインルールのデバイスが量産されている。一方、アライメント精度については、デザインルールの1/3から1/4程度の精度が要求されるが、これは測定光の波長よりも約1桁小さい精度を要求することに帰する。そして、技術の進展によって機械的精度も向上してきているが、この機械的精度の向上も物理的、理論的限界に近づいてきており、要求精度の達成が困難となっている。

図8（a）～（d）は、それぞれ順に、従来の被アライメントレイヤー用フォトマスク上のパターンのうち単位チップ用の全体パターン、マスク側所望パターン領域、マスク側アライメント精度測定用領域、マスク側アライメント領域の平面形状を概略的に示す図である。ここでは、素子分離用絶縁膜パターンを形成するためのマスクを例にとって説明する。また、被アライメントレイヤーとは、ある部材の下地となる層の部材のパターンが設けられる層を意味し、アライメントレイヤーとは被アライメントレイヤー内の部材に対して位置合わせが必要な部材が設けられる層をいう。ここでは、素子分離用絶縁膜のパターンが設けられる層を被アライメントレイヤーとし、ゲート電極（又はゲート配線）の部材が設けられる層をアライメントレイヤーとする。

図8（a）に示すように、被アライメントレイヤー用フォトマスクの単位チップ領域Rtpms内には、チップ内に形成されるトランジスタの素子分離用絶縁膜のパターンが形成されたマスク側所望パターン領域101と、アライメント精度を

測定するためのマスク側アライメント精度測定用領域102と、アライメントレイヤー用フォトマスクとの位置合わせに用いられる第1, 第2マスク側アライメント領域103a, 103bとが設けられている。

図8(b)に示すように、マスク側所望パターン領域101は、例えば幅が3.5 μ mで間隔が3.5 μ mの素子分離用絶縁膜111のパターンがある。また、図8(c)に示すように、マスク側アライメント精度測定用領域102には、平面的な寸法が10 μ m \times 10 μ mの正方形のマスク側アライメント精度測定用マーク112が設けられている。図8(d)に示すように、マスク側アライメント領域103aには、幅が4 μ m, 長さが20 μ m, 間隔が4 μ mのラインアンドスペースパターンを構成するマスク側第1アライメントマーク113aが配置されている。また、図示しないが、マスク側第2アライメント領域103bには、図8(d)に示すマスク側第1アライメントマーク113aと直交する方向に延びる同サイズのマスク側第2アライメントマークが設けられている。

図9(a)～(d)は、それぞれ順に、図8(a)～(d)に示す被アライメントレイヤー用フォトマスクを用い被アライメントレイヤーパターンが形成されたウエハの単位チップ領域の平面図、基板側所望パターン領域の断面図、基板側アライメント精度測定用領域の断面図、基板側アライメント領域の断面図である。図9(a)に示すように、ウエハの単位チップ領域Rtpwf内には、チップ内に形成されるトランジスタの素子分離用絶縁膜のパターンが形成された基板側所望パターン領域121と、アライメント精度を測定するためのアライメント精度測定用マークが設けられる基板側アライメント精度測定用領域122と、アライメントレイヤーパターンとのアライメントに必要なアライメントマークが設けられる基板側第1, 第2アライメント領域123a, 123bとが設けられている。図9(b)に示すように、Si基板120上の基板側所望パターン領域121には、素子分離用絶縁膜131とこれによって囲まれる基板面とからなる基板側所望パターン132が形成されている。また、図9(c)に示すように、Si基板120上の基板側アライメント精度測定用領域122には、素子分離用絶縁膜131とこれによって囲まれる基板面とからなる基板側アライメント精度測定用マーク133が形成されている。さらに、図9(d)に示すように、Si基板12

0上の基板側第1, 第2アライメント領域123a, 123bには、素子分離用絶縁膜131とこれによって囲まれる基板面とからなる基板側アライメントマーク134が形成されている。

また、図10(a)~(d)は、それぞれ順に、従来のアライメントレイヤー用フォトマスク上のパターンのうち単位チップ用の全体パターン、マスク側所望パターン領域、マスク側アライメント精度測定用領域、マスク側アライメント領域の平面形状を概略的に示す図である。

図10(a)に示すように、単位チップ領域Rtpms内には、チップ内に形成されるトランジスタのゲート電極(又はゲート配線)のパターンが形成された所望パターン領域151と、アライメント精度を測定するためのアライメント精度測定用領域152と、次の工程で用いられるフォトマスクとのアライメントの際に用いられる第1, 第2アライメント領域153a, 153bとが設けられている。

図10(b)に示すように、所望パターン領域151は、例えば幅が $0.5\mu\text{m}$ で間隔が $0.5\mu\text{m}$ で3本単位で並ぶゲート電極(ポリシリコン膜)161のパターンが設けられている。また、図10(c)に示すように、アライメント精度測定用領域152には、平面的な寸法が $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$ の正方形のアライメント精度測定用マーク162のパターンが設けられている。さらに、図10(d)に示すように、第1アライメント領域153aには、次工程の被アライメントレイヤーパターンとなる幅が $4\mu\text{m}$ 、長さが $20\mu\text{m}$ 、間隔が $4\mu\text{m}$ のラインアンドスペースパターンを構成する第1アライメントマーク163aが設けられている。また、図示しないが、第2アライメント領域153bには、第1アライメントマーク163aと直交する方向に延びる同サイズのラインアンドスペースパターンからなる第2アライメントマークが設けられている。

図11(a)~(d)は、それぞれ順に、図10(a)~(d)に示すアライメントレイヤー用のフォトマスクを用いてアライメントレイヤーパターンが形成されたウエハの単位チップ領域の平面図、基板側所望パターン領域の断面図、基板側アライメント精度測定用領域の断面図、基板側アライメント領域の断面図である。

図11(a)に示すように、ウエハの単位チップ領域Rptwf内には、チップ内に形成されるトランジスタの素子分離用絶縁膜のパターンが形成された基板側所望パターン領域171と、アライメント精度を測定するための基板側アライメント精度測定用マークが設けられる基板側アライメント精度測定用領域172と、次の工程で用いられるフォトマスクとのアライメントの際に必要なアライメントマークが設けられる第1, 第2の基板側アライメント領域173a, 173bとが設けられている。また、図11(b)~(d)に示すように、Si基板上の所望パターン領域には、ゲート電極形成用のポリシリコン膜181と、ポリシリコン膜181をパターニングするためのマスク用フォトレジスト膜182とが形成されている。

そして、図11(b)に示すように、基板側所望パターン領域171には、すでに素子分離用絶縁膜131と基板面とからなる被アライメントレイヤーの基板側所望パターン132(ゲートパターン)が形成されている。そして、その上に、幅が $0.5\mu\text{m}$ で間隔が $0.5\mu\text{m}$ の3本ずつのゲート電極からなるアライメントレイヤーの基板側所望パターン183を形成しようとしている。そのために、図9(a)に示す被アライメントレイヤーの基板側アライメントマーク132を基準として、自動的にマスクの位置合わせが行なわれる。その後、フォトレジスト膜182の露光, 現像が行なわれ、ゲート電極, アライメント精度測定用マーク(破線部分参照), 次工程のためのアライメントマーク等を形成するためのレジストパターンが形成される。

また、図11(c)に示すように、アライメント精度測定用領域172においては、被アライメントレイヤーの基板側アライメント精度測定用マーク133と、その内側に形成されるアライメントレイヤーのレジストパターン184とによって、外枠が $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$, 内枠が $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$ のボックスインボックスパターンが構成される。このボックスインボックスパターンの外枠と内枠との相対位置から、このレジストパターンを用いて形成されるゲート電極パターン(所望パターン)と、下地となる素子分離用絶縁膜131などのパターンとのアライメント誤差(マスクの位置合わせ誤差)、つまり、アライメント精度を読みとることができる。

さらに、図 1 1 (d) に示すように、アライメントレイヤーのゲート電極形成用レジスト膜 1 8 2 には、次工程のアライメントのための被アライメントマーク（ポリシリコン膜 1 8 1 から形成される）をパターンニングするためのレジストパターン 1 8 5 が形成される。

そして、アライメント誤差が所定値よりも大きい場合には、フォトリソレジスト膜を除去し、ウエハーとフォトマスクとの相対位置を修正して、レジストパターンの形成をやり直す。

図 1 2 は、露光工程における露光機、フォトマスク及びウエハの形状を示す断面図である。一般に、フォトリソグラフィ工程中の露光工程においては、逐次移動型縮小投影露光機（ステッパ）が用いられる。図 1 2 においては、このステッパに用いられる対物レンズが薄く描かれているが、実際には、多くのレンズと機構とが組み合わされた複雑な光学系となっている。

基板上には、所望パターンやアライメント精度測定用マークパターン、アライメントマークパターンなどを形成するためのフォトリソレジスト膜が形成されており、パターンには粗大パターンと微細パターンとがあるものとする。そのために、フォトマスクにも、粗大パターン、微細パターンを形成するための粗大パターン領域、微細パターン領域がそれぞれ設けられている。そして、フォトマスクを通過した光を対物レンズを通過させて、基板上のフォトリソレジスト膜に所望パターン及びアライメントマークパターンを結像させる。その結果、フォトリソレジスト膜には、粗大パターン、微細パターンの潜像が形成される。そして、これを現像してレジストパターンを形成した後、レジストパターンをマスクとするエッチングなどを行なうことにより、基板上に、粗大パターンの部材、微細パターンの部材（素子分離用絶縁膜、ゲート電極、アライメント精度測定用マーク、アライメントマークなど）を形成する。

なお、縮小投影露光機を用いる場合には、フォトマスクは、基板上に形成されるパターンを数倍の大きさに拡大したパターンを有しているが、図 1 2 においては、説明をしやすくするためにフォトマスク上のパターンが基板上のパターンの等倍の大きさを有するかのよう描かれている。

ところで、このステッパ内に装着される対物レンズとしては、理想型に近いも

のが要求され、最先端技術を駆使して作成されているが、現実には若干のひずみつまり収差を有することがよく知られている。この収差の成分は大きく5つに分類（ディストーション、像面湾曲、コマ、球面、非点）されており、特に、コマ収差、球面収差がアライメント精度に大きな影響を与える。

ここで、コマ収差、球面収差は、パターンサイズ依存性を有しており、これらの収差によってパターン位置が水平方向にシフトする位置ずれを生じることは一般によく知られている。

そして、コマ収差や球面収差にはパターンサイズ依存性があることから、収差等が全くないと仮定したときにフォトマスクのパターンが基板上に転写される位置（レジストパターンの位置）を理想位置とすると、実際に基板上に形成されるレジストパターンの位置は理想位置からある程度ずれることになる。その場合、光の回折作用が粗大パターンよりも微細パターンにおいて大きくなることから、一般的には微細パターンの位置のずれが粗大パターンの位置のずれよりも大きく現れる傾向にある。これは、対物レンズのレンズ間隔、レンズの傾きや、空気圧（屈折率）などの調整により是正されうるが、いずれにしても、粗大パターンと微細パターンとで理想位置からのずれ量が異なることになる。

図13は、収差のパターン依存性に起因するゲート電極形成位置のずれを説明するための図である。ここでは、アライメントマークの読みとり誤差やレジストパターン、ゲート電極パターンの形成時の誤差はないと仮定する。このとき、上述のように、収差のパターンサイズ依存性によって、図9(b)に示す被アライメントレイヤーの所望パターンである素子分離用絶縁膜パターン（ $3.5\mu\text{m}$ 幅のラインアンドスペースパターン）と、図11(b)に示すアライメントレイヤーの所望パターンであるゲート電極パターン（ $0.5\mu\text{m}$ 幅のラインアンドスペースパターン）とでは、アライメントマークの基準位置に対する相対的な位置が異なる。その結果、ある素子分離用絶縁膜の端部とアライメントマークの基準位置との距離を x とし、あるゲート電極の端部と素子分離用絶縁膜の端部との理想距離を y とすると、実際に形成されるゲート電極の端部は、収差のパターンサイズ依存性に起因する量 Δy だけ素子分離用絶縁膜の端部からの理想距離 y よりも大きくなる。

同様に、アライメント精度測定用マークパターンについても、外枠と内枠とではパターンサイズが異なることから、外枠と内枠との相対位置がパターンサイズ依存性によって本来の相対位置とは異なったものになるので、アライメント精度を誤って認識するおそれがある。

つまり、コマ収差や球面収差のパターンサイズ依存性に起因するフォトリソグラフィ精度の悪化を招く。言い換えると、フォトリソグラフィに使用される光学的機器の機械的精度の向上が十分フォトリソグラフィ精度の向上に反映されないことになる。

発明の概要

本発明は、光学機器の収差がパターンサイズ依存性を有する点に着目してなされたものであり、その目的は、このパターンサイズ依存性を考慮したフォトマスクの形成やアライメントを行なうことにより、フォトリソグラフィ精度の向上を図ることにある。

本発明の第1のフォトマスクの形成方法は、被アライメントレイヤー用フォトマスクに、基板側第1所望パターンを形成するためのマスク側第1所望パターンと、アライメントレイヤーに形成される基板側第2所望パターンと同じサイズを有するマスク側アライメントマークを形成する方法である。

この方法により、被アライメントレイヤーの基板側第1所望パターンと、アライメントレイヤーの基板側第2所望パターンとのサイズが異なっても、基板側第2所望パターンと同じサイズを有するマスク側アライメントマークによって形成される基板側アライメントマークを利用して、アライメントレイヤー用フォトマスクを位置合わせすることが可能になる。そして、後に形成されるであろうアライメントレイヤーの第2所望パターンと基板側アライメントマークとは同じサイズを有しているので、光の回折作用による位置のずれ量がほぼ一致する結果、被アライメントレイヤーの第1所望パターンとアライメントレイヤーの第2所望パターンとの位置関係が光の回折作用に起因する誤差をほとんど含まなくなり、アライメント精度の向上を図ることができる。

上記マスク側アライメントマークが、アライメントレイヤーに形成される基板側第2所望パターンの最小サイズを有することにより、もっとも大きなアライメ

ントのずれが生じるおそれを未然に回避することができる。

上記被アライメントレイヤー用フォトマスクに、上記マスク側第1所望パターンと同じサイズを有するもう1つのマスク側アライメントマークをさらに形成することにより、両者を基板上に転写してなる基板側アライメントマーク同士のずれ量によって、被アライメントマスクの位置を補正することが可能になり、アライメント精度がさらに向上する。

本発明の第2のフォトマスクの作成方法は、被アライメントレイヤー用フォトマスクに、マスク側第1所望パターンと同じサイズを有するマスク側第1アライメント精度測定用マークを形成する一方、上記アライメントレイヤー用フォトマスクに、上記マスク側第2所望パターンと同じサイズを有するマスク側第2アライメント精度測定用マークを形成する方法である。

この方法により、上記第1のフォトマスクの形成方法よりもより簡易に、アライメント精度の向上を図ることができる。

上記マスク側第2アライメント精度測定用マークは、上記基板側第2所望パターンの最小サイズを有することが好ましい。

本発明の第1のアライメント方法は、被アライメントレイヤーに基板側第1所望パターンを形成するためのマスク側第1所望パターンと、アライメントレイヤーに形成しようとする基板側第2所望パターンと同じサイズを有するマスク側アライメントマークとが設けられた被アライメントレイヤー用フォトマスクを準備するステップ(a)と、アライメントレイヤーに上記基板側第2所望パターンを形成するためのマスク側第2所望パターンを少なくとも有するアライメントレイヤー用フォトマスクを準備するステップ(b)と、上記被アライメントレイヤー用フォトマスクを用いて、基板上に、上記基板側第1所望パターンと、上記マスク側アライメントマークが転写されてなる基板側アライメントマークとを形成するステップ(c)と、上記被アライメントレイヤーの上記基板側アライメントマークの位置に基づいて、上記アライメントレイヤー用フォトマスクの位置合わせを行なうステップ(d)とを含んでいる。

この方法により、被アライメントレイヤーの基板側第1所望パターンと、アライメントレイヤーの基板側第2所望パターンとのサイズが異なっても、基板

側第2所望パターンと同じサイズを有するマスク側アライメントマークによって形成される基板側アライメントマークを利用して、アライメントレイヤー用フォトマスクを位置合わせすることが可能になる。そして、アライメントレイヤーの第2所望パターンと基板側アライメントマークとは同じサイズを有しているので、光の回折作用による位置のずれ量がほぼ一致する結果、被アライメントレイヤーの基板側第1所望パターンとアライメントレイヤーの基板側第2所望パターンとの位置関係が光の回折作用に起因する誤差をほとんど含まなくなり、アライメント精度の向上を図ることができる。

上記ステップ(a)では、上記被アライメントレイヤー用フォトマスクに、上記マスク側第1所望パターンと同じサイズを有するもう1つのマスク側アライメントマークを形成し、上記ステップ(c)では、基板上に、上記もう1つのマスク側アライメントマークが転写されてなるもう1つの基板側アライメントマークを形成し、上記ステップ(d)では、上記基板側アライメントマークと上記もう1つの基板側アライメントマークとの位置関係に基づいて、アライメントレイヤー用フォトマスクの位置の補正を行なうことにより、基板側アライメントマーク同士のずれ量によって、被アライメントマスクの位置を補正することが可能になり、アライメント精度がさらに向上する。

本発明の第2のアライメント方法は、被アライメントレイヤーにマスク側第1所望パターンと同じサイズを有するマスク側第1アライメント精度測定用マークと、アライメントレイヤーに形成しようとする基板側第2所望パターンと同じサイズを有するマスク側アライメントマークとが設けられた被アライメントレイヤー用フォトマスクを準備するステップ(a)と、アライメントレイヤーに上記基板側第2所望パターンを形成するためのマスク側第2所望パターンを少なくとも有するアライメントレイヤー用フォトマスクを準備するステップ(b)と、上記被アライメントレイヤー用フォトマスクを用いて、基板上に、上記基板側第1所望パターンと、上記マスク側アライメント精度測定用マークとが転写されてなる基板側アライメント精度測定用マークとを形成するステップ(c)と、上記被アライメントレイヤーの上記基板側アライメント精度測定用マークの位置に基づいて、上記アライメントレイヤー用フォトマスクの位置合わせを行なうステップ(d)

d)とを含んでいる。

この方法により、上記第1のアライメント方法よりも簡易に被アライメントマスクの位置を補正することが可能になり、アライメント精度が向上する。

図面の簡単な説明

図1(a)～(d)は、それぞれ順に、第1の実施形態の被アライメントレイヤー用のフォトマスク上のパターンのうち単位チップ用の全体パターン、マスク側所望パターン領域、及びマスク側第1、第2アライメント領域の平面形状を概略的に示す図である。

図2は、第1の実施形態の被アライメント用フォトマスクを用いて、KrFエキシマレーザステッパにより、露光を行なう際の状態を概略的に示す図である。

図3(a)～(d)は、それぞれ順に、第1の実施形態の被アライメントレイヤー用フォトマスクを用いて被アライメントレイヤーパターンが形成されたウエハ上の単位チップ領域の平面図、基板側所望パターン領域の断面図、基板側アライメント領域の断面図である。

図4(a)～(d)は、それぞれ順に、第1の実施形態のアライメントレイヤー用フォトマスク上のパターンのうち単位チップ用の全体パターン、マスク側所望パターン領域、マスク側第1、第2アライメント領域の平面形状を概略的に示す図である。

図5(a)～(d)は、それぞれ順に、第1の実施形態のアライメントレイヤー用フォトマスクを用いてアライメントレイヤーパターンが形成されたウエハの単位チップ領域の平面図、基板側所望パターン領域の断面図、被アライメント領域の断面図、基板側アライメント領域の断面図である。

図6(a)、(b)は、それぞれ、第2の実施形態における被アライメントレイヤー用フォトマスク、アライメントレイヤー用フォトマスクに形成されているマスク側アライメント精度測定用マークの形状を示す平面図である。

図7(a)、(b)は、第2の実施形態のフォトマスクを用いて形成されたアライメントレイヤー、被アライメントレイヤーの形状を示す断面図である。

図8(a)～(d)は、それぞれ順に、従来の被アライメントレイヤー用フォトマスク上のパターンのうち単位チップ用の全体パターン、マスク側所望パター

ン領域、マスク側アライメント精度測定用領域、マスク側アライメント領域の平面形状を概略的に示す図である。

図9(a)～(d)は、それぞれ順に、従来の被アライメントレイヤー用フォトマスクを用い被アライメントレイヤーパターンが形成されたウエハの単位チップ領域の平面図、基板側所望パターン領域の断面図、基板側アライメント精度測定用領域の断面図、基板側アライメント領域の断面図である。

図10(a)～(d)は、それぞれ順に、従来のアライメントレイヤー用フォトマスク上のパターンのうち単位チップ用の全体パターン、マスク側所望パターン領域、マスク側アライメント精度測定用領域、マスク側アライメント領域の平面形状を概略的に示す図である。

図11(a)～(d)は、それぞれ順に、従来のアライメントレイヤー用のフォトマスクを用いてアライメントレイヤーパターンが形成されたウエハの単位チップ領域の平面図、基板側所望パターン領域の断面図、基板側アライメント精度測定用領域の断面図、基板側アライメント領域の断面図である。

図12は、従来の露光工程における露光機、フォトマスク及びウエハの形状を示す断面図である。

図13は、従来のアライメント方法において、収差のパターン依存性に起因するゲート電極形成位置のずれを説明するための図である。

好適実施形態の説明

以下、本発明の各実施形態について、図面を参照しながら説明する。

(第1の実施形態)

図1(a)～(d)は、それぞれ順に、本実施形態の被アライメントレイヤー用のフォトマスク上のパターンのうち単位チップ用の全体パターン、マスク側所望パターン領域、及びマスク側第1、第2アライメント領域の平面形状を概略的に示す図である。ここでは、素子分離用絶縁膜パターンを形成するためのマスクを例にとって説明する。また、被アライメントレイヤーとは、ある部材の下地となる層の部材のパターンが設けられる層を意味し、アライメントレイヤーとは被アライメントレイヤー内の部材に対して位置合わせが必要な部材が設けられる層をいう。ここでは、素子分離用絶縁膜のパターンが設けられる層を被アライメン

トレイヤーとし、ゲート電極（又はゲート配線）の部材が設けられる層をアライメントレイヤーとする。

図1（a）に示すように、被アライメントレイヤー用フォトマスクの単位チップ領域 R_{tpms} 内には、チップ内に形成されるトランジスタの素子分離用絶縁膜のパターンが形成されたマスク側所望パターン領域1と、アライメント精度を測定するためのマスク側アライメント精度測定用領域2と、アライメントレイヤーとのアライメントの際に用いられるマスク側第1アライメント領域 $3x$ 及びマスク側第2アライメント領域 $3y$ が設けられている。

図1（b）に示すように、マスク側所望パターン領域1は、例えば平面上の大きさが $3.5\mu m \times 3.5\mu m$ で、相互の間隔が $3.5\mu m$ の素子分離用絶縁膜パターン11がある。

図1（c）に示すように、マスク側第1アライメント領域 $3x$ には、幅が $3.5\mu m$ 、長さが $20\mu m$ 、間隔が $3.5\mu m$ の縦方向に長いラインアンドスペースパターンを構成するマスク側第1アライメントマーク13aと、幅が $0.5\mu m$ 、長さが $20\mu m$ 、間隔が $0.5\mu m$ の縦方向に長いラインアンドスペースパターンを構成するマスク側第2アライメントマーク13bとが設けられている。

また、図1（d）に示すように、マスク側第2アライメント領域 $3y$ には、上記マスク側第1アライメントマーク13aとマスク側第2アライメントマーク13bとを、上記マスク側第1アライメント領域 $3x$ とは直交する方向に設けたアライメントマークパターンが形成されている。

なお、図示しないが、マスク側アライメント精度測定用領域2には、従来の被アライメント用フォトマスクと同様に、平面的な寸法が $10\mu m \times 10\mu m$ の正方形のアライメント精度測定用マークが設けられている。

次に、図2は、図1（a）～（c）に示す被アライメント用フォトマスクを用いて、KrFエキシマレーザステッパにより、露光を行なう際の状態を概略的に示す図である。ここでは、被アライメントレイヤーパターンとして、LOCOS法によって素子分離用絶縁膜パターンを形成する。このとき、Si基板の上には、熱酸化によりLOCOS膜を形成する際のマスクを形成するための窒化膜と、そのパッドとなる酸化膜とが形成されている。そして、窒化膜の上に塗布された

フォトリソ膜に被アライメントレイヤーパターンが露光される。そして、このフォトリソ膜パターンをマスクとするドライエッチングにより、窒化膜マスク及びそのパッド酸化膜が形成され、Si基板の表面部のうち窒化膜マスクの開口部に位置する領域を酸化することにより、LOCOS膜からなる素子分離用絶縁膜が形成される。

このとき、上述のように粗大パターンであるマスク側第1アライメントマーク13aや素子分離用絶縁膜パターン11（マスク側第1所望パターン）が転写されて形成されるパターンと、マスク側第2アライメントマーク13bとでは、理想位置からのずれ量が異なるという現象が現れることになる。

図3(a)～(d)は、それぞれ順に、図1(a)～(d)に示す被アライメントレイヤー用フォトマスクを用いて被アライメントレイヤーパターンが形成されたウエハ上の単位チップ領域の平面図、基板側所望パターン領域の断面図、基板側アライメント領域の断面図である。図3(a)に示すように、単位チップ領域Rtpwf内には、チップ内に形成されるトランジスタの素子分離用絶縁膜のパターンが形成された基板側所望パターン領域21と、アライメント精度を測定するためのアライメント精度測定用マークが設けられる基板側アライメント精度測定領域22と、アライメントレイヤーパターンとのアライメントに必要なアライメントマークが設けられる基板側第1アライメント領域23xと、基板側第2アライメント領域23yとが形成されている。

図3(b)に示すように、Si基板20上の所望パターン領域21には、素子分離用絶縁膜31とこれによって囲まれる基板面とからなる基板側第1所望パターン32が形成されている。

また、図示しないが、Si基板20上のアライメント精度測定領域22には、従来の図9(c)に示す基板側アライメント精度測定用マークと同様の形状を有する基板側アライメント精度測定用マークが形成されている。

そして、図3(c)に示すように、Si基板20上の基板側第1、第2アライメント領域23x、23yには、素子分離用絶縁膜31とこれによって囲まれる基板面とからなる幅3.5 μ m、間隔3.5 μ m、長さ20 μ mの基板側第1アライメントマーク33aと、素子分離用絶縁膜31とこれによって囲まれる基板

面とからなる幅 $0.5\mu\text{m}$ 、間隔 $0.5\mu\text{m}$ 、長さ $20\mu\text{m}$ の基板側第2アライメントマーク33bとが形成されている。

このとき、図3(c)に示すように、基板側第1アライメントマーク33aと第2アライメントマーク33bとの間には、光の回折作用がフォトマスクの粗大パターンと微細パターンとで異なることに起因するずれ量 Δx が存在する。このずれ量 Δx は、フォトレジスト膜の露光、現像や、窒化膜のパターニング、Si基板の熱酸化等の際に生じる誤差を無視したときの、被アライメントレイヤーパターン中の基板側第1アライメントマーク33aと基板側第2アライメントマーク33bとの間の理想距離 x からのずれ量である。

次に、被アライメントレイヤーの上に形成されるアライメントレイヤーを形成するための手順について説明する。

図4(a)～(d)は、それぞれ順に、本実施形態のアライメントレイヤー用フォトマスク上のパターンのうち単位チップ用の全体パターン、マスク側所望パターン領域、マスク側第1、第2アライメント領域の平面形状を概略的に示す図であって、このアライメントレイヤー用フォトマスクを準備する。

図4(a)に示すように、アライメントレイヤー用フォトマスクの単位チップ領域 R_{tpms} 内には、チップ内に形成されるトランジスタのゲート電極（又はゲート配線）のパターンが形成されたマスク側所望パターン領域51と、アライメント精度を測定するためのマスク側アライメント精度測定用領域52と、次の工程で用いられるフォトマスクとのアライメントの際に用いられるマスク側次工程用第1アライメント領域53x、及びマスク側次工程用第2アライメント領域53yとが設けられている。

図4(b)に示すように、マスク側所望パターン領域51は、例えば幅が $0.5\mu\text{m}$ で間隔が $0.5\mu\text{m}$ で3本単位で並ぶゲート電極（ポリシリコン膜）を形成するためのマスク側ゲートパターン61が設けられている。

図4(c)に示すように、マスク側次工程用第1アライメント領域53xには、幅が $2.0\mu\text{m}$ 、長さが $20\mu\text{m}$ 、間隔が $2.0\mu\text{m}$ の縦方向に長いるラインアンドスペースパターン（例えば配線パターン）を構成するマスク側次工程用第1アライメントマーク63aと、幅が $0.5\mu\text{m}$ 、長さが $20\mu\text{m}$ 、間隔が $0.5\mu\text{m}$ の横方向に長いるラインアンドスペースパターン（例えば配線パターン）を構成するマスク側次工程用第2アライメントマーク63bとが設けられている。

5 μm の縦方向に長いラインアンドスペースパターン（被アライメントレイヤーのゲートパターンと同じ形状）を構成するマスク側次工程用第2アライメントマーク63bとが設けられている。

また、図4（d）に示すように、マスク側次工程用第2アライメント領域53yには、上記マスク側次工程用第1アライメントマーク63aとマスク側次工程用第2アライメントマーク63bとを、上記マスク側次工程用第1アライメント領域53xとは直交する方向に設けたアライメントマークパターンが形成されている。

なお、図示しないが、マスク側アライメント精度測定用領域52には、従来と同様に、平面的な寸法が5 μm ×5 μm の正方形のマスク側アライメント精度測定用マークのパターンが設けられている。

次に、図4（a）～（c）に示すアライメントレイヤー用フォトマスクを用いて、基板上にアライメントレイヤーパターンを形成する前に、基板側第1アライメントマーク33aと基板側第2アライメントマーク33bとの間の距離の実測値と、ステッパーのデータベースとして格納されている基板側第1アライメントマーク33aと基板側第2アライメントマーク33bとの間の距離の理想値とのずれ量 Δx を測定する。このずれ量 Δx は、後に被アライメントレイヤーパターンを形成する際のアライメントの補正に利用される。

図5（a）～（d）は、それぞれ順に、図4（a）～（d）に示すアライメントレイヤー用フォトマスクを用いてアライメントレイヤーパターンが形成されたウエハの単位チップ領域の平面図、基板側所望パターン領域の断面図、被アライメント領域の断面図、基板側アライメント領域の断面図である。

図5（a）に示すように、ウエハの単位チップ領域Rptwf内には、チップ内に形成されるトランジスタの素子分離用絶縁膜のパターンが形成された基板側所望パターン領域71と、アライメント精度を測定するための基板側アライメント精度測定用マークが設けられる基板側アライメント精度測定用領域72と、次の工程で用いられるフォトマスクとのアライメントの際に必要なアライメントマークが設けられる基板側次工程用第1、第2アライメント領域73x、73yとが設けられている。また、図5（b）～（c）に示すように、Si基板上の所望パタ

ーン領域には、ゲート電極形成用のポリシリコン膜 8 1 と、ポリシリコン膜 8 1 をパターンニングするためのマスク用フォトリソ膜 8 2 とが形成されている。

そして、図 5 (b) に示すように、基板側所望パターン領域 7 1 には、すでに素子分離用絶縁膜 3 1 と基板面とからなる被アライメントレイヤーの基板側所望パターン 3 2 (基板側第 1 所望パターン) が形成されている。幅が $0.5 \mu\text{m}$ で間隔が $0.5 \mu\text{m}$ の 3 本ずつのゲート電極からなるアライメントレイヤーのゲートパターン 8 4 (基板側第 2 所望パターン) をパターンニングするためのゲート用レジストパターン 8 3 を形成しようとしている。また、図 5 (c) に示すように、図 3 (a) ~ (d) に示す工程で形成された被アライメントレイヤーの基板側第 1, 第 2 アライメントマーク 3 3 a, 3 3 b の上にもポリシリコン膜 8 1 及びフォトリソ膜 8 2 が形成されるが、この領域には新たにアライメントマークを形成しないので、フォトリソ膜にパターンが形成されることはない。

そして、図 5 (b) に示すアライメントレイヤーのゲートパターン 8 4 (基板側所望パターン) を形成するために、図 5 (c) に示す被アライメントレイヤーの基板側第 1 アライメントマーク 3 3 a (ポリシリコン膜 8 1 に現れる段差) を基準として、自動的にマスクの位置合わせが行なわれる。

このとき、基板側第 1 アライメントマーク 3 3 a を基準にして、次層のアライメントレイヤーであるゲートパターンと被アライメントレイヤーである素子分離用絶縁膜パターンとの位置あわせを行なう際に、すでに測定してあるずれ量 Δx だけ補正を行なう。このずれ量 Δx は、フォトマスクを通過した光を用いることなく測定されるので、フォトマスクの光の回折作用、つまりフォトマスクのパターンの粗密とは無関係に測定されている。したがって、図 2 に示す露光の際に生じた理想位置からのずれ量を正確に示している。

また、図示しないが、アライメント精度測定用領域 7 2 においては、従来と同様に、被アライメントレイヤーの基板側アライメント精度測定用マークと、その内側に形成されるアライメントレイヤーのアライメント精度測定用マーク用レジストパターンとによって、外枠が $10 \mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$ 、内枠が $5 \mu\text{m} \times 5 \mu\text{m}$ のボックスインボックスパターンが構成される。このボックスインボックスパターンの外枠と内枠との相対位置から、このレジストパターンを用いて形成されるゲ

ート電極パターン（所望パターン）と、下地となる素子分離用絶縁膜などのパターンとのアライメント誤差（マスクの位置合わせ誤差）、つまり、アライメント精度を読みとることができる。

さらに、図5（d）に示すように、基板側次工程用第1、第2アライメント領域73x、73yにおいて、ゲート電極形成用レジスト膜82を露光、現像して形成されるレジストパターン85（波線参照）を用いて、ポリシリコン膜81をパターンニングすることにより、基板側次工程用第1アライメントマーク86aと、基板側次工程用第2アライメントマーク86b（波線参照）とが形成される。この基板側次工程用第1アライメントマーク86aはゲートパターン84の幅、間隔と同じ幅、間隔（本実施形態においてはいずれも $0.5\mu\text{m}$ ）を有し、基板側次工程用第2アライメントマーク86bは次工程で形成される所望パターン（例えば配線パターン）と同じ幅、間隔（本実施形態においてはいずれも $2\mu\text{m}$ ）を有している。

なお、アライメント誤差が所定値よりも大きい場合には、フォトレジスト膜を除去し、ウエハーとフォトマスクとの相対位置を修正して、レジストパターンの形成をやり直す。

本実施形態のフォトマスクの作成方法又はアライメント方法によれば、被アライメントレイヤー用フォトマスクに、被アライメントレイヤーの第1所望パターン（本実施形態における素子分離用絶縁膜パターン33a）と同じ間隔、同じ幅を有するマスク側第1アライメントマーク13aと、アライメントレイヤーの第2所望パターン（本実施形態ではゲートパターン）と同じ幅、間隔を有するマスク側第2アライメントマーク13bとを形成したので、光の回折作用が粗大パターンと微細パターンとで相違することに起因する位置あわせのずれを補正することができる。すなわち、図3（c）に示すように、光の回折作用がパターンの粗密によって異なるために、基板側第1アライメントマーク33aと基板側第2アライメントマーク33bとは、他の誤差要因がないと仮定したときの理想的な距離 x に対して Δx だけ互いにずれた位置に形成されている。そして、基板側第1アライメントマーク33aの幅、間隔は被アライメントレイヤーの第1所望パターンである素子分離用絶縁膜パターン32と同じ幅、間隔を有しているので、光

の回折作用に起因する露光位置のずれはほぼ同じとみなせる。そこで、基板側第1アライメントマーク33aを基準としてアライメントレイヤー用フォトマスクと被アライメントレイヤーとの位置合わせを行なう際に、 Δx だけ補正する。その結果、アライメントレイヤーのゲートパターン84は、図3(c)に示す基板側第2アライメントマーク33bの位置よりも Δx だけずれた基準位置、つまり基板側第1アライメントマーク33aにほぼ正確に位置あわせされる。つまり、ゲートパターン84は、素子分離用絶縁膜パターン32に対して、より正確に位置合わせされた状態で形成されることになる。よって、アライメントにおけるアライメント精度の向上を図ることができる。

それに対して、従来のアライメント方法のように、基板側第1アライメントマーク33aを基準としてゲートパターンを形成すると、このゲートパターンは粗大パターンである素子分離用絶縁膜パターン32に対して光の回折作用に起因するずれ量 Δx だけずれた位置に形成されることになり、アライメント誤差が生じることになる。それに対し、本実施形態では、被アライメントレイヤー用フォトマスクに、あらかじめゲートパターンと同じ幅、間隔のマスク側第2アライメントマーク13bを形成しているので、かかる原因による位置あわせのずれ量を補正することができるのである。

また、アライメントレイヤーのゲートパターン84（第2所望パターン）の次層のパターンを形成する際には、ゲートパターン84と同じ幅、間隔を有する基板側次工程用第1アライメントマーク86aと基板側次工程用第2アライメントマーク86bとの間の理想位置からのずれ量だけ補正を行なうことにより、次工程の所望パターンをゲートパターン84に対して正確な位置にアライメントすることができる。

なお、アライメントレイヤーに形成される部材が複数種類あって、それらの部材のサイズが相異なる場合は、それらのうち小さい方できれば最小サイズのものと同一幅、間隔を有するように、上記マスク側第2アライメントマーク13bを形成すればよい。その部分のずれが最大であるからである。あるいは、各部材のサイズの平均的な幅、間隔を有するマスク側第2アライメントマーク13bを設けてもよい。

(第2の実施形態)

次に、アライメント精度測定用マークに対して本発明を適用した例について説明する。

本実施形態においては、第1の実施形態と同様に、マスク側第1アライメントマーク13a及びマスク側第2アライメントマーク13bが形成されたマスク側第1、第2アライメント領域3x、3yが設けられており、アライメントレイヤー用フォトマスクには、マスク側次工程用第1アライメントマーク63a及びマスク側次工程用第2アライメントマーク63bが形成されたマスク側次工程用第1、第2アライメント領域53x、53yが設けられている(図1～図5参照)。ただし、本実施形態においては、被アライメントレイヤー用フォトマスク及びアライメントレイヤー用フォトマスクには、従来と同様のマスク側アライメントマーク及び次工程用マスク側アライメントマークがそれぞれ設けられていてもよい。

そして、本実施形態においては、第1の実施形態とは異なり、被アライメントレイヤー用フォトマスク及びアライメントレイヤー用フォトマスクにおいて、従来とは異なる形状のアライメント精度測定用マークが設けられている。

図6(a)、(b)は、それぞれ、本実施形態における被アライメントレイヤー用フォトマスク、アライメントレイヤー用フォトマスクに形成されているマスク側アライメント精度測定用マークの形状を示す平面図である。図6(a)に示すように、被アライメントレイヤー用フォトマスクのマスク側アライメント精度測定用領域2には、幅 $3.5\mu\text{m}$ 、間隔 $3.5\mu\text{m}$ のボックス状のマスク側第1アライメント精度測定用マーク90aが形成されている。図6(b)に示すように、アライメントレイヤー用フォトマスクのマスク側アライメント精度測定用領域22には、幅 $0.5\mu\text{m}$ 、間隔 $0.5\mu\text{m}$ のボックス状のマスク側第2アライメント精度測定用マーク90bが形成されている。なお、被アライメントレイヤー用フォトマスクに図(a)、(b)に示す2つマスク側アライメント精度測定用マーク90a、90bを設けておいてもよい。

図7(a)、(b)は、図6(a)、(b)に示すフォトマスクを用いて形成されたアライメントレイヤー、被アライメントレイヤーの形状を示す断面図であ

る。

図7(a)に示すように、被アライメントレイヤー22には、素子分離用絶縁膜パターンからなる基板側第1アライメント精度測定用マーク91が形成されている。

また、図7(b)に示すように、アライメントレイヤーの基板側アライメント精度マーク領域72においては、基板側第1アライメント精度測定用マーク91の最内部の基板面上に、ポリシリコン膜からなる基板側第2アライメント精度測定用マーク92が形成されている。そして、基板側第2アライメント精度測定用マーク92と外側の基板側第1アライメント精度測定用マーク91との相対位置 z_1 、 z_2 からアライメント精度が測定される。

ここで、本実施形態においては、間隔 z_1 、 z_2 の測定結果を、第1の実施形態と同様の測定方法によって、ずれ量 Δx (図3(c)参照)によって補正する。この補正は、図7(b)に示す断面に直交する縦断面においても同様である。これにより、光の回折作用がフォトマスク上のパターンの粗密によって相異なることに起因するアライメント精度測定用マークの位置のずれに起因するアライメント誤差やアライメント精度の測定誤差を補正することができる。

また、図6(a)、(b)に示す2つのマスク側アライメント精度測定用マーク90a、90bを被アライメントレイヤーに設ける場合には、両者が基板上に転写されてなる基板側アライメント精度測定用マーク(素子分離用絶縁膜パターン)の相対位置から第1の実施形態におけるずれ量 Δx と同様の、パターンの粗密による光の回折作用の相違に起因する位置のずれ量が求められるので、これを用いて、図7(b)に示す間隔 z_1 、 z_2 の測定値を補正することで、第1の実施形態と同様のアライメント誤差の補正を行なうことができる。

なお、本発明に係るアライメント方法としては、レーザスキャン方式、画像認識方式、ホログラフィによる干渉縞を用いた方式などがあげられるが、位置合わせ方式であればどれでも可能で、これらに限定されるものではない。

アライメントマークに関しても本実施例ではラインアンドスペースパターンを用いて説明したが、所望のパターンがコンタクトホールパターンの場合は、コンタクト形状のアライメントパターンを、スペースパターンの場合はスペースパタ

ーンを用いることで同様の結果を得ることができる。

さらに、上記第1の実施形態におけるラインアンドスペースパターンからなる各アライメントマークの代わりに、エルボーパターンからなるアライメントマークを用いることにより、各チップ領域の1カ所にのみアライメント領域を設ければよいことになる。

クレーム

1. 被アライメントレイヤー用フォトマスクに、基板側第1所望パターンを形成するためのマスク側第1所望パターンと、アライメントレイヤーに形成される基板側第2所望パターンと同じサイズを有するマスク側アライメントマークを形成するフォトマスクの作成方法。

2. クレーム1のフォトマスクの作成方法において、

上記マスク側アライメントマークは、アライメントレイヤーに形成される基板側第2所望パターンの最小サイズを有する。

3. クレーム1のフォトマスクの作成方法において、

上記被アライメントレイヤー用フォトマスクに、上記マスク側第1所望パターンと同じサイズを有するもう1つのマスク側アライメントマークをさらに形成する。

4. 被アライメントレイヤー用フォトマスクに、マスク側第1所望パターンと同じサイズを有するマスク側第1アライメント精度測定用マークを形成する一方、上記アライメントレイヤー用フォトマスクに、上記マスク側第2所望パターンと同じサイズを有するマスク側第2アライメント精度測定用マークを形成する。

5. クレーム4のフォトマスクの作成方法において、

上記マスク側第2アライメント精度測定用マークは、上記基板側第2所望パターンの最小サイズを有することを特徴とするフォトマスクの作成方法。

6. 被アライメントレイヤーに基板側第1所望パターンを形成するためのマスク側第1所望パターンと、アライメントレイヤーに形成しようとする基板側第2所望パターンと同じサイズを有するマスク側アライメントマークとが設けられた被アライメントレイヤー用フォトマスクを準備するステップ(a)と、

アライメントレイヤーに上記基板側第2所望パターンを形成するためのマスク側第2所望パターンを少なくとも有するアライメントレイヤー用フォトマスクを準備するステップ(b)と、

上記被アライメントレイヤー用フォトマスクを用いて、基板上に、上記基板側第1所望パターンと、上記マスク側アライメントマークが転写されてなる基板側

アライメントマークとを形成するステップ(c)と、

上記被アライメントレイヤーの上記基板側アライメントマークの位置に基づいて、上記アライメントレイヤー用フォトマスクの位置合わせを行なうステップ(d)と

を含むアライメント方法。

7. クレーム6のアライメント方法において、

上記ステップ(a)では、上記被アライメントレイヤー用フォトマスクに、上記マスク側第1所望パターンと同じサイズを有するもう1つのマスク側アライメントマークを形成し、

上記ステップ(c)では、基板上に、上記もう1つのマスク側アライメントマークが転写されてなるもう1つの基板側アライメントマークを形成し、

上記ステップ(d)では、上記基板側アライメントマークと上記もう1つの基板側アライメントマークとの位置関係に基づいて、アライメントレイヤー用フォトマスクの位置の補正を行なう。

8. 被アライメントレイヤーにマスク側第1所望パターンと同じサイズを有するマスク側第1アライメント精度測定用マークと、アライメントレイヤーに形成しようとする基板側第2所望パターンと同じサイズを有するマスク側アライメントマークとが設けられた被アライメントレイヤー用フォトマスクを準備するステップ(a)と、

アライメントレイヤーに上記基板側第2所望パターンを形成するためのマスク側第2所望パターンを少なくとも有するアライメントレイヤー用フォトマスクを準備するステップ(b)と、

上記被アライメントレイヤー用フォトマスクを用いて、基板上に、上記基板側第1所望パターンと、上記マスク側アライメント精度測定用マークとが転写されてなる基板側アライメント精度測定用マークとを形成するステップ(c)と、

上記被アライメントレイヤーの上記基板側アライメント精度測定用マークの位置に基づいて、上記アライメントレイヤー用フォトマスクの位置合わせを行なうステップ(d)と

を含むアライメント方法。

09874367 060601
T09080

要約

被アライメントレイヤー用フォトマスクを用いて形成されたウエハの被アライメントレイヤーにおいて、素子分離用絶縁膜パターンからなる基板側第1所望パターンと、基板側第1所望パターンと同じ幅、間隔を有する基板側第1アライメントマークと、この上に形成しようとするアライメントレイヤーの第2所望パターンと同じ幅、間隔を有する基板側第2アライメントマークとが形成されている。基板側第1、第2アライメントマーク間には、光の回折作用がフォトマスクのパターンの粗密によって異なることに起因するずれ量 Δx が存在する。第1アライメントマークを基準に位置合わせを行なう際に、ずれ量 Δx だけアライメント位置を補正する。